

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-290623

(P2003-290623A)

(43)公開日 平成15年10月14日(2003.10.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
B 0 1 D 53/60		B 0 1 J 19/08	E 4 D 0 0 2
53/34	Z A B	G 2 1 F 9/02	Z 4 G 0 7 5
53/70		H 0 5 H 1/46	M
53/74		B 0 1 D 53/34	1 3 2 A
B 0 1 J 19/08			Z A B

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002-95555(P2002-95555)

(22)出願日 平成14年3月29日(2002.3.29)

(71)出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72)発明者 室井 國昌

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外1名)

Fターム(参考) 4D002 AA02 AA12 AA21 AC04 BA07

CA20 HA01

4G075 AA03 BA01 BA05 CA15 CA47

EC21

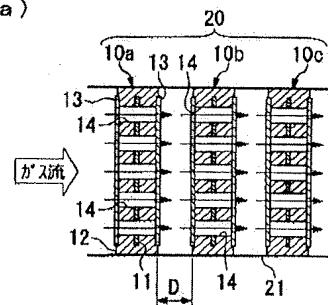
(54)【発明の名称】 沿面放電電極およびこれを用いたガス処理装置、ガス処理方法

(57)【要約】

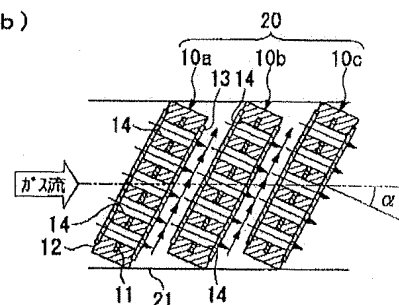
【課題】 プラズマとガスとの接触効率を向上し、ガス処理効率に優れる沿面放電電極およびこれを用いたガス処理装置、ガス処理方法を提供する。

【解決手段】 接地電極11と、絶縁体12と、表面電極13、13とを備え、表面電極13の表面に対して垂直方向に、複数の貫通孔14、14、…が互いに平行に形成されている沿面放電電極。電極集合体20において、沿面放電電極10aの貫通孔14と沿面放電電極10bの貫通孔14が、異なる位置に配置されているガス処理装置。電極集合体20において、貫通孔14の長手方向が、被処理ガスの進行方向と角度0°～60°をなして傾いている。沿面放電電極10a、10b、10cの表面および貫通孔14内に非平衡プラズマを発生させ、被処理ガスを沿面放電電極10a、10b、10cの表面および貫通孔14内に沿って流し、被処理ガスを非平衡プラズマと反応させるガス処理方法。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 接地電極と、該接地電極を包囲する絶縁体と、該絶縁体を挟持するように対向して積層された一対の表面電極とを備えた沿面放電電極であって、該沿面放電電極には、複数の貫通孔が形成されていることを特徴とする沿面放電電極。

【請求項 2】 請求項 1 記載の沿面放電電極が前記貫通孔の長手方向に複数並列に配列された電極集合体を備えたことを特徴とするガス処理装置。

【請求項 3】 前記電極集合体を構成する任意の連続する 2 列の沿面放電電極において、1 の沿面放電電極の貫通孔と 2 の沿面放電電極の貫通孔が、異なる位置に配置されていることを特徴とする請求項 2 記載のガス処理装置。

【請求項 4】 前記電極集合体において、前記貫通孔の長手方向が、該電極集合体で処理されるガスの進行方向と角度  $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$  をなして傾いていることを特徴とする請求項 2 または 3 記載のガス処理装置。

【請求項 5】 請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載のガス処理装置を用いたガス処理方法であって、前記沿面放電電極の表面電極の表面および貫通孔内に非平衡プラズマを発生させ、被処理ガスを前記表面電極の表面および前記貫通孔内に沿って流し、該被処理ガスを非平衡プラズマと反応させて処理することを特徴とするガス処理方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載のガス処理方法において、1 の沿面放電電極の貫通孔を通過した被処理ガスを、2 の沿面放電電極の表面電極の表面に衝突させることを特徴とするガス処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、非平衡プラズマによるガス処理を効率的に行なうことができる沿面放電電極およびこれを用いたガス処理装置、ガス処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般廃棄物や産業廃棄物の焼却炉から排出される排気ガス中には、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、ダイオキシンなどの種々の有害化学物質が含まれている。環境保全や、人体への悪影響を低減するためには、このような有害化学物質を含むガスを処理して無害化した後に、大気中へ排出しなければならない。そのために、種々のガス処理方法が提案されている。中でも、排気ガス、有害ガスなどの処理方法として、近年、放電を利用する方法が検討されている。この方法は、ガス処理に伴う後処理が必要でない、処理装置を小型化することができるなどの種々の利点がある。

【0003】 放電を利用する方法としては、熱プラズマを利用する方法と、非平衡プラズマ（低温プラズマ）を利用する方法とが挙げられる。特に、非平衡プラズマを

利用する方法では、電子のエネルギー（電子温度）のみが高く、イオンおよび分子のエネルギー（イオン温度および分子温度）は低い。したがって、非平衡プラズマを利用する方法では、処理されるガスの温度自体は常温であるにもかかわらず、電子温度が高いため、高温に適さない材料や条件に適用できる上に、非平衡プラズマを発生する装置の設置が容易で、熱プラズマでは生成困難なラジカルを生成して、特異な化学反応を引き起こすことができるなどの利点がある。

【0004】 このような非平衡プラズマを発生する放電としては、コロナ放電、無声放電、部分放電（パックスベッド型）、沿面放電、パルスストリーマ放電（高圧パルス電源を必要とする）などが挙げられる。これらの中でも、大気圧下における非平衡プラズマの発生には、主に、無声放電、沿面放電などが利用されている。特に、沿面放電が、ここで用いられる沿面放電電極の形状の自由度の高さなどから、多く利用されている。

【0005】 図 5 は、従来の沿面放電電極を示す概略構成図である。この沿面放電電極は、外形がパイプ状の電極であり、接地電極 1 と、接地電極 1 を包囲している誘電体 2 と、誘電体 2 の表面近傍に設けられた表面電極 3 とから概略構成されている。また、接地電極 1 と表面電極 3 が、導線 4 を介して電源 5 に接続されている。この沿面放電電極では、電源 5 から、接地電極 1 および表面電極 3 に電圧を印可すると、図 6 に示すように、表面電極 3 の表面に非平衡プラズマが発生し、プラズマ層 6 を形成するようになっている。

【0006】 また、非平衡プラズマを発生する電極として、特開 2001-38138 号公報には、ガスを通して複数の貫通孔を互いに平行に形成した電気絶縁性のハニカム構造体と、放電プラズマを発生する電極と、この電極に接続され、この電極に放電プラズマを発生させる電界を印加する電源とを備えた物質処理装置が提案されている。この物質処理装置では、貫通孔と電極が平行に配置されているものと、貫通孔と電極が垂直に配置されているものがある。また、電極は、筒状、平板状、ワイヤー状のものが用いられている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、図 5 および図 6 に示す従来の沿面放電電極では、表面電極 3 の表面上の非常に薄い層にプラズマ層 6 が形成される。したがって、図 6 に示すように、表面電極 3 の表面に沿ってガスが流れる構造のガス処理装置では、表面電極 3 の表面上のプラズマの効果が得られているガスの層に遮られて、表面電極 3 の表面から離れた位置にあるガスと、表面電極 3 の表面近傍のプラズマとの接触効率が悪いという問題があった。そのため、ガスの処理効率を上げることが非常に難しかった。また、特開 2001-38138 号公報記載の物質処理装置では、ガスは貫通孔を流れて処理されるが、貫通孔と電極が離れ過ぎているため、

貫通孔を流れるガスがプラズマの効果を得難いため、ガスの処理効率が低かった。

【0008】本発明は、前記事情に鑑みてなされたもので、プラズマとガスとの接触効率を向上し、ガス処理効率に優れる沿面放電電極およびこれを用いたガス処理装置、ガス処理方法を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題は、接地電極と、該接地電極を包囲する絶縁体と、該絶縁体を挟持するように対向して積層された一対の表面電極とを備えた沿面放電電極であって、該沿面放電電極には、複数の貫通孔が形成されている沿面放電電極によって解決できる。また、前記課題は、上記沿面放電電極が前記貫通孔の長手方向に複数並列に配列された電極集合体を備えたガス処理装置によって解決できる。前記電極集合体を構成する任意の連続する2列の沿面放電電極において、1の沿面放電電極の貫通孔と2の沿面放電電極の貫通孔が、異なる位置に配置されていることが好ましい。前記電極集合体において、前記貫通孔の長手方向が、該電極集合体で処理されるガスの進行方向と角度 $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ をなして傾いていることが好ましい。また、前記課題は、上記ガス処理装置を用いたガス処理方法であって、前記沿面放電電極の表面電極の表面および貫通孔内に非平衡プラズマを発生させ、被処理ガスを前記表面電極の表面および前記貫通孔内に沿って流し、該被処理ガスを非平衡プラズマと反応させて処理するガス処理方法によって解決できる。上記ガス処理方法において、1の沿面放電電極の貫通孔を通過した被処理ガスを、2の沿面放電電極の表面電極の表面に衝突させることが好ましい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳しく説明する。図1は、本発明の沿面放電電極の一例を示す概略構成図であり、図1(a)は平面図、図1(b)は正面図である。また、図2は、本発明の沿面放電電極の一例を示し、図1のC-Cで切断した状態を示す概略断面図である。この例の沿面放電電極10は、外形が矩形状の平板電極であり、接地電極11と、接地電極11を包囲する絶縁体12と、絶縁体12を挟持するように対向して積層された一対の表面電極13、13とから概略構成されており、表面電極13の表面に対して垂直方向に、複数の貫通孔14、14、…が互いに平行に形成されているものである。なお、本発明の沿面放電電極の外形および大きさは、特に限定されるものではなく、この沿面放電電極を用いて処理するガスの流量や流速などから、必要に応じて適宜決定される。また、本発明の沿面放電電極に形成される貫通孔は、上述のように、表面電極の表面に対して垂直方向に、互いに平行に形成されている必要は無く、表面電極の表面の垂直方向に対して傾いていてもよい。

【0011】接地電極11は、外形が矩形状の平板電極

であり、絶縁体12の断面のほぼ中央に、表面電極13、13と平行に配置されており、その厚さは $0.05 \sim 1 \text{ mm}$ 程度である。また、接地電極11は、銅、ステンレス、タングステン、銀、Xチタンなどで形成されている。絶縁体12は、外形が矩形状の平板であり、その厚さは $1 \sim 5 \text{ mm}$ 程度である。また、絶縁体12は、アルミナ、ガラス、チタン酸バリウム、酸化チタンなどで形成されている。

【0012】表面電極13、13は、外形が矩形状の平板電極で、接地電極11と平行になるように絶縁体12の表面の両面に密着されており、その厚さは $0.05 \sim 1 \text{ mm}$ 程度である。また、表面電極13は、銅、ステンレス、タングステン、銀、チタンなどで形成されている。また、表面電極13は、図1に示すように、網目構造を有しており、その網目15、15、…の位置と貫通孔14、14、…との位置が一致するようになっている。すなわち、貫通孔14、14、…の開口部が表面電極13で覆い隠されることなく、貫通孔14、14、…の開口部の外周が網目15、15、…で囲まれている。また、この網目構造の網目の大きさは、貫通孔14、14、…の大きさ（開口径）に応じて適宜決定される。

【0013】また、複数の貫通孔14、14、…の形状は特に限定されるものではないが、貫通孔14内の位置におけるプラズマとガスの接触効率の差が少ないことから、円形が好ましい。また、複数の貫通孔14、14、…の開口径は、 $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ 程度が好ましい。また、複数の貫通孔14、14、…の数は特に限定されるものではなく、貫通孔14、14、…が沿面放電電極10の全体に万遍無く形成されていればよい。さらに、図1および図2には、貫通孔14、14、…を整列して配置した状態を示したが、本発明の沿面放電電極では、これに限定されるものではなく、貫通孔14、14、…が沿面放電電極10の全体に万遍無く形成されていればよい。

【0014】この例の沿面放電電極10を使用するには、図3に示すように、接地電極11と表面電極13、13を、導線16を介して電源17に接続する。そして、電源17から、接地電極11および表面電極13、13に電圧を印加すると、非平衡プラズマが発生する。本発明の沿面放電電極では、表面電極13、13の表面および貫通孔14内で、貫通孔14の長手方向に平衡に、非平衡プラズマを発生することができる。すなわち、本発明の沿面放電電極では、沿面放電電極の3次元方向に非平衡プラズマを発生することができるから、非平衡プラズマの発生する面積が大きくなる。また、貫通孔14内に発生する非平衡プラズマは、貫通孔14の径方向にほぼ均一に発生し、かつ貫通孔14の長手方向に沿ってほぼ均一に発生する。したがって、本発明の沿面放電電極を用いて、排気ガス、有害ガスなどのガス（以下、「被処理ガス」と記す。）を処理すれば、被処理ガスは、沿面放電電極の表面だけでなく、貫通孔内でも非

平衡プラズマと接触することができるから、被処理ガスと非平衡プラズマとの接触面積が増加し、結果として接触効率が向上する。ゆえに、非平衡プラズマ中に生成される高エネルギー電子およびラジカルと、被処理ガス中に含まれる $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、ダイオキシンなどの有害化学物質との反応がきわめて効率よく行われ、有害化学物質を効率よく分解することができる。

【0015】図4は、本発明のガス処理装置の一部を例示する概略断面図である。本発明のガス処理装置は、複数の沿面放電電極10a、10b、10cが貫通孔14の長手方向に並列に配列された電極集合体20と、沿面放電電極10a、10b、10cに接続され、表面電極13、13、…の表面および貫通孔14、14、…内に非平衡プラズマを発生させる電界を沿面放電電極10a、10b、10cに印加する図示略の電源とから概略構成されている。

【0016】以下、本発明のガス処理装置の構成を説明しながら、本発明のガス処理方法についても説明する。電極集合体20は、一般廃棄物や産業廃棄物の焼却炉に設けられた排気管路21内などに設置されて用いられるものである。電極集合体20を構成する沿面放電電極の数は、特に限定されるものではなく、被処理ガスの流量や流速などから、必要に応じて適宜決定される。沿面放電電極の数が多くなるほど、被処理ガスと非平衡プラズマとの接触効率が向上するので、被処理ガスの量が多い場合や処理時間を短縮したい場合には、沿面放電電極の数を多くすることが好ましい。また、電極集合体20を、複数の沿面放電電極10a、10b、10cを並列に配列した構造とすることにより、前段の沿面放電電極で分解されなかった被処理ガス中の有害化学物質が、後段の沿面放電電極で分解され、最終的に、大気中に排出される排気ガス中には有害化学物質が含まれなくなる。また、電極集合体20を構成する沿面放電電極10a、10b、10cは、ほぼ等間隔に配置されており、図4(a)に示す沿面放電電極10aと、沿面放電電極10bとの間隔Dは、5~20mm程度が好ましい。間隔Dがこの範囲内であれば、前段の沿面放電電極10aの貫通孔14を通過した被処理ガスが、後段の沿面放電電極10bの表面に沿って流れ、続いて沿面放電電極10bの貫通孔14をスムーズに通過するようになる。

【0017】また、この例のガス処理装置では、電極集合体20を構成する沿面放電電極10aの貫通孔14、14、…と、沿面放電電極10bの貫通孔14、14、…が、異なる位置に配置されていることが好ましい。ここで異なる位置に配置されているとは、沿面放電電極10aの貫通孔14、14、…の前方には、沿面放電電極10bの貫通孔14、14、…が存在しておらず、これらの貫通孔14、14、…が一定の間隔をおいて、連続的に連なっていない状態を指している。このように、本発明のガス処理装置では、電極集合体20において、沿

面放電電極10aの貫通孔14、14、…と沿面放電電極10bの貫通孔14、14、…が、異なる位置に配置されていれば、沿面放電電極10aの貫通孔14、14、…を通過した被処理ガスが、沿面放電電極10bの表面に衝突し、沿面放電電極10bの表面の境界層を破壊する。これにより、沿面放電電極10aの貫通孔14、14、…を通過した被処理ガスの沿面放電電極10bの表面への接触効率が上がり、その結果としてガス処理効率が向上する。

【0018】さらに、この例のガス処理装置では、図4(b)に示すように、電極集合体20において、沿面放電電極10a、10b、10cの貫通孔14、14、…の長手方向と、被処理ガスの進行方向とのなす角度 $\alpha$ が $0^\circ \sim 60^\circ$ であることが好ましく、 $30^\circ \sim 60^\circ$ がより好ましい。貫通孔14、14、…の長手方向と、被処理ガスの進行方向とのなす角度 $\alpha$ が上記の範囲内であれば、電極集合体20を通過する被処理ガスの流れは、沿面放電電極10a、10b、10cの表面を流れるガス流と、貫通孔14、14、…内を流れるガス流が混ざり合う複雑な乱流となる。これにより、沿面放電電極10a、10b、10cの貫通孔14、14、…を通過した被処理ガスが、後段の沿面放電電極の表面へ接触する効率が上がり、その結果としてガス処理効率が向上する。また、角度 $\alpha$ が $60^\circ$ 以上では、電極集合体20を通過する被処理ガスの流れが乱流とならず、ガス処理効率が向上しない。一方、角度 $\alpha$ が $30^\circ$ 未満では、前段の沿面放電電極の貫通孔14、14、…を通過した被処理ガスが、後段の沿面放電電極の表面を流れな難くなり、ガス処理効率が低下する。

【0019】このように、本発明のガス処理装置によれば、被処理ガスと沿面放電電極の表面に発生させた非平衡プラズマとの接触効率を上げることができ、その結果としてガス処理効率が向上する。したがって、非平衡プラズマ中に生成される高エネルギー電子およびラジカルと、被処理ガス中に含まれる $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、ダイオキシンなどの有害化学物質との反応がきわめて効率よく行われ、有害化学物質を効率よく分解することができる。

【0020】通常のガス処理装置では、非平衡プラズマを発生する放電としては、コロナ放電、無声放電、部分放電(パックドベッド型)、沿面放電、パルスストリーマ放電(高圧パルス電源を必要とする)などが用いられるが、本発明のガス処理装置では、沿面放電が要求される構造を実現させるために好ましく用いられる。

【0021】また、本発明のガス処理装置では、放電電流を発生させる電源として、通常用いられるネオン発光用の電源などを有効に使用することができる。このような一般的な電源を用いることで、本発明のガス処理装置を安価に製造できる。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の沿面放電

電極によれば、沿面放電電極の3次元方向に非平衡プラズマを発生することができるから、非平衡プラズマの発生する面積が大きくなる。したがって、本発明の沿面放電電極を用いて、被処理ガスを処理すれば、被処理ガスは、沿面放電電極の表面だけでなく、貫通孔内でも非平衡プラズマと接触することができるから、被処理ガスと非平衡プラズマとの接触面積が増加し、結果として接触効率が向上する。また、本発明のガス処理装置によれば、被処理ガスと沿面放電電極の表面に発生させた非平衡プラズマとの接触効率を上げることができ、その結果としてガス処理効率が向上する。したがって、非平衡プラズマ中に生成される高エネルギー電子およびラジカルと、被処理ガス中に含まれる $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ 、ダイオキシンなどの有害化学物質との反応がきわめて効率よく行われ、有害化学物質を効率よく分解することができる。また、本発明のガス処理方法によれば、沿面放電電極の貫通孔を通過した被処理ガスが、沿面放電電極の表面に衝突し、その表面の境界層を破壊する。これにより、沿面放電電極の貫通孔を通過した被処理ガスの沿面放電電極の表面への接触効率が上がり、その結果としてガス処理効率が向上する。また、電極集合体を通過する被処理ガスの流れは、沿面放電電極の表面を流れるガス流と、貫通孔内を流れるガス流が混ざり合う複雑な乱流となり、被処理ガスと沿面放電電極との接触効率が上がり、\*

\* その結果としてガス処理効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の沿面放電電極の一例を示す概略構成図であり、図1(a)は平面図、図1(b)は正面図である。

【図2】 本発明の沿面放電電極の一例を示し、図1のC-Cで切断した状態を示す概略断面図である。

【図3】 本発明の沿面放電電極に電源を接続した状態を示す模式図である。

【図4】 本発明のガス処理装置の一部を例示する概略断面図であり、図4(a)は複数の沿面放電電極を並列に配列した電極集合体を説明する図であり、図4(b)は沿面放電電極の貫通孔がガス流と角度 $\alpha$ をなして傾いている状態を説明する図である。

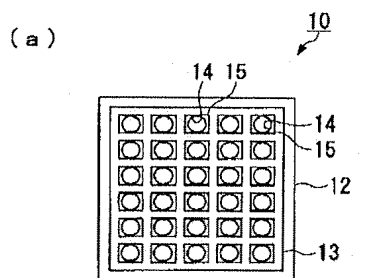
【図5】 従来の沿面放電電極を示す概略構成図である。

【図6】 従来の沿面放電電極の表面で発生させたプラズマの状態を説明する概略図である。

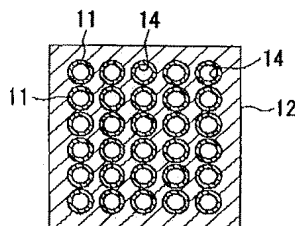
【符号の説明】

10, 10a, 10b, 10c...沿面放電電極、11...接地電極、12...絶縁体、13...表面電極、14...貫通孔、15...網目、16...導線、17...電源、20...電極集合体、21...排気管路

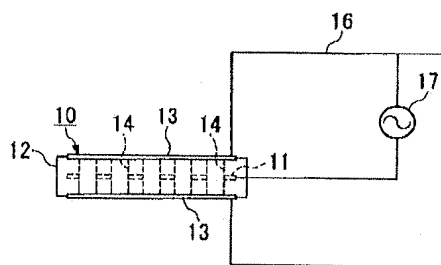
【図1】



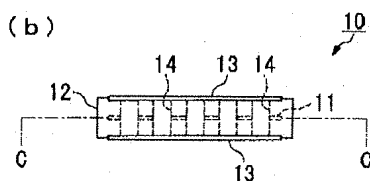
【図2】



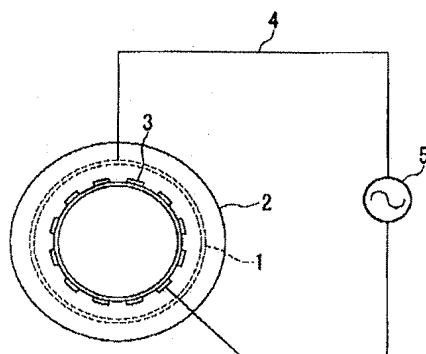
【図3】



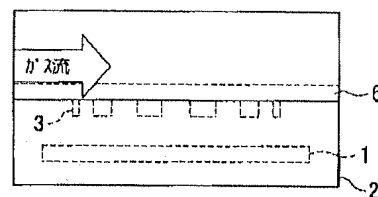
(b)



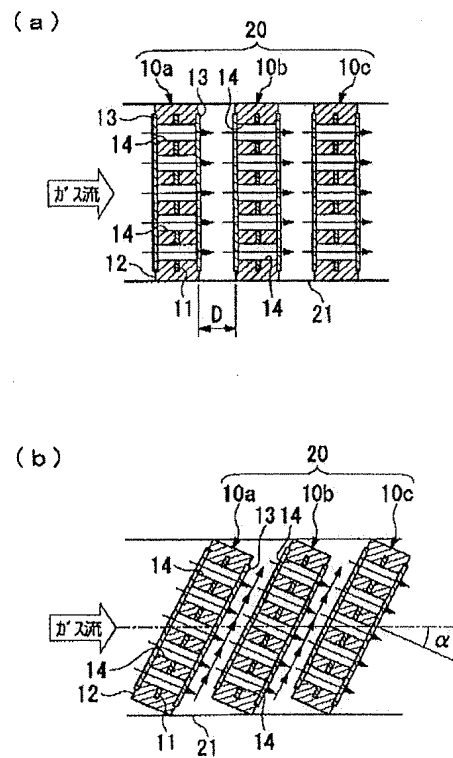
【図5】



【図6】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 2 1 F 9/02

H 0 5 H 1/46

識別記号

F I

B 0 1 D 53/34

テーマコード (参考)

1 3 4 E

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-290623

(43)Date of publication of application : 14.10.2003

(51)Int.Cl.

B01D 53/60

B01D 53/34

B01D 53/70

B01D 53/74

B01J 19/08

G21F 9/02

H05H 1/46

(21)Application number : 2002-095555

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 29.03.2002

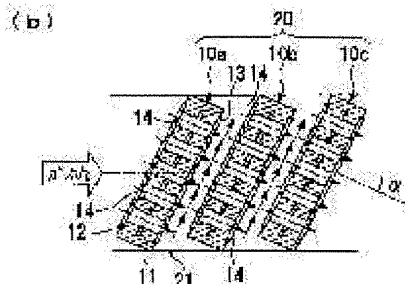
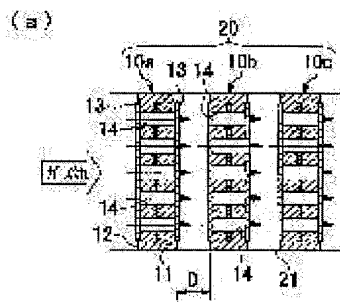
(72)Inventor : MUROI KUNIMASA

**(54) CREEPING DISCHARGE ELECTRODE, GAS TREATMENT APPARATUS USING THE SAME AND GAS TREATMENT METHOD**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a creeping discharge electrode enhancing the contact efficiency of plasma with gas and excellent in gas treatment efficiency, a gas treatment apparatus using the same and a gas treatment method.

**SOLUTION:** The creeping discharge electrode is equipped with an earth electrode 11, an insulator 12 and surface electrodes 13 and 13 and has a large number of through-holes 14, etc., formed thereto in parallel to each other in the direction vertical to the surfaces of the surface electrodes 13. The gas treatment apparatus has an electrode assembly 20 wherein the through-holes 14 of the creeping discharge electrode 10a and the through-holes 14 of the creeping discharge electrode 10b are arranged at different positions. In the electrode assembly 20, the longitudinal direction of the through-holes 14 is inclined so as to form an angle of  $0^\circ$  -  $60^\circ$  with respect to the advance direction of the gas to be treated. In the gas treatment method, non-equilibrium plasma is generated on the surfaces of the creeping discharge electrodes 10a, 10b and 10c and in the through-holes 14 and the gas to be treated is allowed to flow along the surfaces of the creeping discharge electrodes 10a, 10b and 10c and through the through-holes 14 to be reacted with the non-equilibrium plasma.



---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]An earth electrode.

An insulator which surrounds this earth electrode.

A surface electrode of a couple countered and laminated so that this insulator might be pinched.

It is the creeping discharge electrode provided with the above, and two or more breakthroughs are formed in this creeping discharge electrode.

[Claim 2]A gas processing device, wherein the creeping discharge electrode according to claim 1 is provided with an electrode assembly arranged by two or more parallel at a longitudinal direction of said breakthrough.

[Claim 3]The gas processing device according to claim 2, wherein a breakthrough of a creeping discharge electrode of 1 and a breakthrough of a creeping discharge electrode of 2 are arranged at a different position in arbitrary continuous creeping discharge electrodes of two rows which constitute said electrode assembly.

[Claim 4]The gas processing device according to claim 2 or 3, wherein a longitudinal direction of said breakthrough made a direction of movement and an angle of 0 degree – 60 degrees of gas which are processed with this electrode assembly and leans in said electrode assembly.

[Claim 5]It is a gas treatment method using the gas processing device according to any one of claims 2 to 4, A gas treatment method generating nonequilibrium plasma in the surface of a surface electrode of said creeping discharge electrode, and a breakthrough, passing processed gas along inside of the surface of said surface electrode, and said breakthrough, making this processed gas react to nonequilibrium plasma, and processing.

[Claim 6]A gas treatment method making processed gas which passed a breakthrough of a creeping discharge electrode of 1 collide with the surface of a surface electrode of a creeping discharge electrode of 2 in the gas treatment method according to claim 5.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]



[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the gas processing device and gas treatment method using the creeping discharge electrode and this which can perform gassing by nonequilibrium plasma efficiently.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the exhaust gas discharged from the incinerator of domestic wastes or industrial waste, various hazardous chemical substances, such as NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and dioxin, are contained. In order to reduce environmental protection and the adverse effect to a human body, after processing and detoxicating the gas containing such a hazardous chemical substance, it must discharge into the atmosphere. Therefore, various gas treatment methods are proposed. Especially, the method of using discharge is examined as disposal methods, such as exhaust gas and harmful gas, in recent years. There are various advantages of being able to miniaturize [ this method does not need post-processing accompanying gassing by the ability to miniaturize ] a processing unit.

[0003] As a method of using discharge, the method of using thermal plasma, and the method of using nonequilibrium plasma (low-temperature plasma) are mentioned. In the method of using nonequilibrium plasma especially, only electronic energy (electron temperature) is high and the energy (ionic temperature and molecule temperature) of ion and a molecule is low. Therefore, in the method of using nonequilibrium plasma. Although the temperature of the gas processed itself is ordinary temperature, since electron temperature is high, Installation of the device which can apply to the material and the conditions of not being suitable for an elevated temperature, and also generates nonequilibrium plasma is easy, in thermal plasma, a radical with difficult generation is generated and there is an advantage of being able to trigger a unique chemical reaction.

[0004] As discharge which generates such nonequilibrium plasma, corona discharge, silent discharge, partial discharge (PAKKUDO bed type), surface creepage, pulse streamer discharge (high voltage pulse power is needed), etc. are mentioned. Also in these, silent discharge, surface creepage, etc. are mainly used for generating of the nonequilibrium plasma under atmospheric pressure. In particular, many surface creepage is used from the height etc. of the flexibility of the shape of the creeping discharge electrode used here.

[0005] Drawing 5 is an outline lineblock diagram showing the conventional creeping discharge electrode. The outside of this creeping discharge electrode is an electrode of pipe shape.

Outline composition is carried out from the earth electrode 1, the dielectric 2 which is surrounding the earth electrode 1, and the surface electrode 3 provided near the surface of the dielectric 2.

The earth electrode 1 and the surface electrode 3 are connected to the power supply 5 via the lead 4. In this creeping discharge electrode, from the power supply 5, if the seal of approval of the voltage is carried out to the earth electrode 1 and the surface electrode 3, as shown in drawing 6, nonequilibrium plasma will occur on the surface of the surface electrode 3, and the plasma layer 6 will be formed in it.

[0006]Nonequilibrium plasma as an electrode to generate to JP,2001-38138,A. It is connected to the honeycomb structured body of the electric insulation which formed mutually two or more breakthroughs which pass gas in parallel, the electrode which generates discharge plasma, and this electrode, and the substance processing unit provided with the power supply which impresses the electric field which makes this electrode generate discharge plasma is proposed. In this substance processing unit, there are a breakthrough, a thing by which the electrode is arranged in parallel, and a thing by which the breakthrough and the electrode are arranged vertically. As for the electrode, the thing of tubed, plate-like, and the shape of a wire is used.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]By the way, in the conventional creeping discharge electrode shown in drawing 5 and drawing 6, the plasma layer 6 is formed in a film very much on the surface of the surface electrode 3. Therefore, as shown in drawing 6, in the gas processing device of the structure where gas flows along the surface of the surface electrode 3. It was interrupted by the layer of the gas by which the effect of the plasma on the surface of the surface electrode 3 is acquired, and there was a problem that the contacting efficiency of the gas in the position which is distant from the surface of the surface electrode 3, and the plasma near the surface of the surface electrode 3 was bad. Therefore, it was dramatically difficult to raise the processing efficiency of gas. In order that a breakthrough and an electrode might separate too much, since it was difficult to get, the gas which flows through a breakthrough had the processing efficiency of gas low although gas flowed through the breakthrough and it was processed in the substance processing unit given in JP,2001-38138,A in the effect of plasma.

[0008]This invention was made in view of said situation, improves the contacting efficiency of plasma and gas, and makes it a technical problem to provide the gas processing device using the creeping discharge electrode and this which are excellent in gassing efficiency, and a gas treatment method.

[0009]

[Means for Solving the Problem] Said technical problem is the creeping discharge electrode provided with a surface electrode of a couple countered and laminated, as an earth electrode, an insulator which surrounds this earth electrode, and this insulator are pinched, and it can be solved to this creeping discharge electrode with a creeping discharge electrode in which two or more breakthroughs are formed. The above-mentioned creeping discharge electrode can solve said technical problem with a gas processing device provided with an electrode assembly arranged by two or more parallel at a longitudinal direction of said breakthrough. In arbitrary continuous creeping discharge electrodes of two rows which constitute said electrode assembly, it is preferred that a breakthrough of a creeping discharge electrode of 1 and a breakthrough of a creeping discharge electrode of 2 are arranged at a different position. In said electrode assembly, it is preferred that a longitudinal direction of said breakthrough made a direction of movement and an angle of 0 degree - 60 degrees of gas which are processed with this electrode assembly, and leans. Said technical problem is the gas treatment method which used the above-mentioned gas processing device, Nonequilibrium plasma is generated in the surface of a surface electrode of said creeping discharge electrode, and a breakthrough, processed gas is passed along inside of the surface of said surface electrode, and said breakthrough, and it can solve with a gas treatment method which makes this processed gas react to nonequilibrium plasma, and processes it. In the above-mentioned gas treatment method, it is preferred to make processed gas which passed a breakthrough of a creeping discharge electrode of 1 collide with the surface of a surface electrode of a creeping discharge electrode of 2.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained in detail. Drawing 1 is an outline lineblock diagram showing an example of the creeping discharge electrode of this invention, drawing 1 (a) is a top view and drawing 1 (b) is a front view. Drawing 2 is an outline sectional view in which showing an example of the creeping discharge electrode of this invention, and showing the state where it cut by C-C of drawing 1. The creeping discharge electrode 10 of this example is a plate electrode of rectangular shape, and an outside The earth electrode 11, Outline composition is carried out from the surface electrodes 13 and 13 of the couple countered and laminated so that the insulator 12 which surrounds the earth electrode 11, and the insulator 12 may be pinched, and two or more breakthroughs 14 and 14 and -- are perpendicularly formed in parallel mutually to the surface of the surface electrode 13.

In particular the outside and size of a creeping discharge electrode of this invention are not limited, and are suitably determined if needed from a flow, the rate of flow, etc. of the gas processed using this creeping discharge electrode. There is no necessity that the breakthrough formed in the creeping discharge electrode of this invention is perpendicularly formed in parallel mutually to the surface of a surface electrode as mentioned above, and it may lean to the perpendicular direction of the surface of a surface electrode.

[0011]An outside is a plate electrode of rectangular shape, the section of the insulator 12 is mostly arranged in parallel with the surface electrodes 13 and 13 in the center, and the thickness of the earth electrode 11 is about 0.05–1 mm. The earth electrode 11 is formed by copper, stainless steel, tungsten, silver, X titanium, etc. An outside is a plate of rectangular shape and the thickness of the insulator 12 is about 1–5 mm. The insulator 12 is formed with alumina, glass, barium titanate, titanium oxide, etc.

[0012]An outside is a plate electrode of rectangular shape, the surface electrodes 13 and 13 are stuck to both sides of the surface of the insulator 12 so that it may become parallel to the earth electrode 11, and the thickness is about 0.05–1 mm. The surface electrode 13 is formed by copper, stainless steel, tungsten, silver, titanium, etc. As shown in drawing 1, the surface electrode 13 has the network structure and the meshes of a net 15 and 15, the position and the breakthroughs 14 and 14 of —, and its position with — correspond. That is, the periphery of the breakthroughs 14 and 14 and the opening of — is surrounded by the meshes of a net 15 and 15 and —, without covering the breakthroughs 14 and 14 and the opening of — with the surface electrode 13. The size of the meshes of a net of this network structure is suitably determined according to the breakthroughs 14 and 14 and the size (opening diameter) of —.

[0013]Although it is not two or more breakthroughs 14 and 14 and a thing of — which is limited especially as for shape, since there are few differences of the contacting efficiency of the plasma in the position in the breakthrough 14 and gas, a round shape is preferred. As for two or more breakthroughs 14 and 14 and the opening diameter of —, about 0.5–5 mm is preferred. A number in particular is not limited and the breakthroughs 14 and 14 and — should just be uniformly formed in the whole creeping discharge electrode 10 for two or more breakthroughs 14 and 14 and —. Although the breakthroughs 14 and 14 and the state where — had been arranged in line were shown in drawing 1 and drawing 2, in the creeping discharge electrode of this invention, it is not limited to this and the breakthroughs 14 and 14 and — should just be uniformly formed in the whole creeping discharge electrode 10.

[0014]In order to use the creeping discharge electrode 10 of this example, as shown in drawing 3, the earth electrode 11 and the surface electrodes 13 and 13 are connected to the power supply 17 via the lead 16. And from the power supply 17, if voltage is impressed to the earth electrode 11 and the surface electrodes 13 and 13, nonequilibrium plasma will occur. In the creeping discharge electrode of this invention, nonequilibrium plasma can be generated in a balance within the surface of the surface electrodes 13 and 13, and the breakthrough 14 at the longitudinal direction of the breakthrough 14. That is, in the creeping discharge electrode of this invention, since nonequilibrium plasma can be generated in the direction of a three dimension of a creeping discharge electrode, the area which nonequilibrium plasma generates becomes large. It generates almost uniformly in the diameter direction of the breakthrough 14, and the nonequilibrium plasma generated in the breakthrough 14 is generated almost uniformly along with the longitudinal direction of the breakthrough 14. Therefore, if gas (it is hereafter described as "processed gas"), such as exhaust gas and harmful gas, is processed using the creeping discharge electrode of this invention, processed gas, Since nonequilibrium plasma can be contacted not only the surface of a creeping discharge electrode but within a breakthrough, the touch area of processed gas and nonequilibrium plasma increases, and contacting efficiency improves as a result. Therefore, the reaction of the high energy electron and radical which are generated in nonequilibrium plasma, and hazardous chemical substances, such as NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> which are contained in processed gas, and dioxin, is performed very efficiently, and a hazardous chemical substance can be disassembled efficiently.

[0015]Drawing 4 is an outline sectional view which illustrates some gas processing devices of this invention. The electrode assembly 20 in which two or more creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c were arranged in parallel with the longitudinal direction of the breakthrough 14 as for the gas processing device of this invention, It is connected to the creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c, and outline composition is carried out from the power supply of graphic display abbreviation which impresses the surface electrodes 13 and 13 and the electric field of — which generates nonequilibrium plasma in the surface and the breakthroughs 14 and 14, and — to the creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c.

[0016]Hereafter, the gas treatment method of this invention is also explained, explaining the composition of the gas processing device of this invention. The electrode assembly 20 is installed in the exhaust pipe way 21 established in the incinerator of domestic wastes or industrial waste etc., and is used. The number in particular of the creeping discharge electrodes which constitute the electrode

assembly 20 is not limited, and is suitably determined from a flow, the rate of flow, etc. of processed gas if needed. Since the contacting efficiency of processed gas and nonequilibrium plasma improves, it is preferred to increase the number of creeping discharge electrodes to shorten the case where there is much quantity of processed gas, and processing time, so that the number of creeping discharge electrodes increases. By making the electrode assembly 20 into the structure which arranged two or more creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c in parallel, The hazardous chemical substance in the processed gas which was not decomposed with the creeping discharge electrode of the preceding paragraph is decomposed by the latter creeping discharge electrode, and a hazardous chemical substance is no longer eventually contained in the exhaust gas discharged in the atmosphere. The creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c which constitute the electrode assembly 20 are arranged mostly at equal intervals, and, as for the interval D of the creeping discharge electrode 10a shown in drawing 4 (a), and the creeping discharge electrode 10b, about 5–20 mm is preferred. If the interval D is this within the limits, it flows along the surface of the latter creeping discharge electrode 10b, and the processed gas which passed the breakthrough 14 of the creeping discharge electrode 10a of the preceding paragraph will come to pass smoothly the breakthrough 14 of the creeping discharge electrode 10b continuously.

[0017] It is preferred the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10a which constitutes the electrode assembly 20 from a gas processing device of this example, --, that the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10b and -- are arranged at a different position. Being arranged at a position different here has referred to the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10a, and the state of -- where the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10b and -- do not exist ahead, but these breakthroughs 14 and 14 and -- set a fixed interval, and it does not stand in a row continuously. Thus, in the electrode assembly 20 with the gas processing device of this invention, If arranged at the position in which the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10b and -- differ from the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10a, and --, The breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10a and the processed gas which passed -- collide with the surface of the creeping discharge electrode 10b, and destroys the boundary layer of the surface of the creeping discharge electrode 10b. The contacting efficiency to the surface of the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode 10a and the creeping discharge electrode 10b of the processed gas which passed -- increases by this, and

gassing efficiency improves as the result.

[0018]In [ as the gas processing device of this example shows to drawing 4 (b) ] the electrode assembly 20, It is preferred that the angles  $\alpha$  of a longitudinal direction and the direction of movement of processed gas to make are 0 degree – 60 degrees of the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c and —, and 30 degrees – 60 degrees are more preferred. The flow of the breakthroughs 14 and 14 and the processed gas of — which will pass the electrode assembly 20 if the angle  $\alpha$  of a longitudinal direction and the direction of movement of processed gas to make is within the limits of the above, It becomes a gas stream which flows through the surface of the creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c, and a complicated turbulent flow with which the breakthroughs 14 and 14 and the gas stream which flows through the inside of — are mixed. The efficiency which the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrodes 10a, 10b, and 10c and the processed gas which passed — contact to the surface of a latter creeping discharge electrode by this increases, and gassing efficiency improves as the result. The flow of the processed gas in which the angle  $\alpha$  passes the electrode assembly 20 in not less than 60 degrees does not serve as a turbulent flow, and gassing efficiency does not improve. On the other hand, the processed gas in which the angle  $\alpha$  passed the breakthroughs 14 and 14 of the creeping discharge electrode of the preceding paragraph and — in less than 30 degrees cannot flow through the surface of a latter creeping discharge electrode easily, and gassing efficiency falls in \*\*.

[0019]Thus, according to the gas processing device of this invention, the contacting efficiency of processed gas and the nonequilibrium plasma which generated the surface of the creeping discharge electrode can be raised, and gassing efficiency improves as the result. Therefore, the reaction of the high energy electron and radical which are generated in nonequilibrium plasma, and hazardous chemical substances, such as NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> which are contained in processed gas, and dioxin, is performed very efficiently, and a hazardous chemical substance can be disassembled efficiently.

[0020]Although corona discharge, silent discharge, partial discharge (PAKKUDO bed type), surface creepage, pulse streamer discharge (high voltage pulse power is needed), etc. are used in the usual gas processing device as discharge which generates nonequilibrium plasma, In the gas processing device of this invention, in order to realize structure where surface creepage is required, it is used preferably.

[0021]In the gas processing device of this invention, the power supply for neon luminescence etc. which are usually used can be effectively used as a power supply

which generates discharge current. By using such a general power supply, the gas processing device of this invention can be manufactured cheaply.

[0022]

[Effect of the Invention]As explained above, according to the creeping discharge electrode of this invention, since nonequilibrium plasma can be generated in the direction of a three dimension of a creeping discharge electrode, the area which nonequilibrium plasma generates becomes large. Therefore, if processed gas is processed using the creeping discharge electrode of this invention, since nonequilibrium plasma can be contacted not only the surface of a creeping discharge electrode but within a breakthrough, the touch area of processed gas and nonequilibrium plasma will increase, and contacting efficiency of processed gas will improve as a result. According to the gas processing device of this invention, the contacting efficiency of processed gas and the nonequilibrium plasma which generated the surface of the creeping discharge electrode can be raised, and gassing efficiency improves as the result. Therefore, the reaction of the high energy electron and radical which are generated in nonequilibrium plasma, and hazardous chemical substances, such as NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> which are contained in processed gas, and dioxin, is performed very efficiently, and a hazardous chemical substance can be disassembled efficiently. According to the gas treatment method of this invention, the processed gas which passed the breakthrough of the creeping discharge electrode collides on the surface of a creeping discharge electrode, and destroys the boundary layer of the surface. The contacting efficiency to the surface of the creeping discharge electrode of the processed gas which passed the breakthrough of the creeping discharge electrode increases by this, and gassing efficiency improves as the result. It becomes a gas stream which flows through the surface of a creeping discharge electrode, and a complicated turbulent flow with which the gas stream which flows through the inside of a breakthrough is mixed, the contacting efficiency of processed gas and a creeping discharge electrode increases, and gassing efficiency of the flow of the processed gas which passes an electrode assembly improves as the result.